

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

ANNÉE 1928

N° 83

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ÉTAT)

soutenue devant la Faculté de Médecine de Paris en 1928

PAR

JEAN VIMEUX

né le 18 Janvier 1904, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise)

Contribution à l'Étude comparative du rôle des Graisses et des Hydrates de Carbone dans l'Utilisation des Protéines alimentaires

JURY	{	<i>Président :</i>	M. Marcel LABBÉ	{	professeur à la Faculté de Médecine.
		<i>Assesseurs</i>	{ M. F. MAIGNON M. E. NICOLAS		professeurs à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort.

PARIS

IMPRIMERIE " L'ÉMANCIPATRICE "

3, Rue de Pondichéry, 3

1928

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

ANNÉE 1928

No

83

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLÔME D'ÉTAT)

soutenue devant la Faculté de Médecine de Paris, en 1928

PAR

JEAN VIMEUX

né le 18 Janvier 1904, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise)

Contribution à l'Étude comparative du rôle des Graisses et des Hydrates de Carbone dans l'Utilisation des Protéines alimentaires

JURY	{	Président :	M. Marcel LABBÉ	{	professeur à la Faculté de Médecine.
		Assesseurs	M. F. MAIGNON		professeurs à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort.
			M. E. NICOLAS		

PARIS

IMPRIMERIE " L'ÉMANCIPATRICE "

3, Rue de Pondichéry, 3

1928

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ÉCOLE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

Directeurs honoraires : MM. P.-J. CADIOT et H. VALLÉE

Directeur : M. E. NICOLAS

Professeurs honoraires : MM. G. BARRIER, Inspecteur général honoraire
des Ecoles Vétérinaires, P.-J. CADIOT, A. RAILLIET, H. VALLÉE.

PROFESSEURS ET CHARGÉS DE COURS

	MM.
Anatomie descriptive des animaux domestiques.....	BRESSOU.
Physiologie, thérapeutique générale.....	MAIGNON.
Physique & Chimie médicales, toxicologie, pharmacie...	NICOLAS.
Parasitologie et maladies parasitaires, clinique; Zoologie	HENRY.
Pathologie médicale des équidés et des carnassiers, clinique; sémiologie et propédeutique, jurisprudence.	ROBIN.
Pathologie chirurgicale des équidés et des carnassiers, clinique; anatomie chirurgicale, médecine opératoire et ferrure.....	COQUOT.
Pathologie bovine, ovine, caprine, porcine, et aviaire, clinique; médecine opératoire, obstétrique.....	MOUSSU.
Pathologie générale et microbiologie, maladies microbiennes et police sanitaire, clinique.....	PANISSET.
Histologie et embryologie, anatomie pathologique; autopsies	PETIT.
Zootecnie et économie rurale.....	DECHAMBRE.
Agronomie, botanique et hygiène; matière médicale...	} DECHAMBRE & HENRY.
Industrie et contrôle des produits d'origine animale..	VERGE.



AGRÉGÉS

MM. LESBOUYRIÈS - VERGE.

CHEFS DE TRAVAUX

MM. DELMER.
LESBOUYRIÈS.

MM. MONVOISIN.
MOUSSU (R.).

M. VERGE.

La Faculté de Médecine et l'Ecole Vétérinaire déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation, ni improbation.

A M. le Professeur Marcel LABBÉ,

qui m'a fait le grand honneur d'accepter la présidence du jury chargé d'examiner ma thèse.

A Mon Maître, M. le Professeur F. MAIGNON,

qui m'a donné les idées directrices de cette thèse. et à qui je suis heureux de témoigner ma profonde gratitude pour les conseils si affectueux et si autorisés qu'il n'a cessé de me prodiguer au cours de mes recherches.

A M. le Professeur E. NICOLAS, Directeur de l'Ecole Vétérinaire d'Alfort,

qui a bien voulu m'admettre dans son laboratoire où j'ai pris le goût de la chimie biologique et acquis les notions de technique expérimentale qui m'ont été si précieuses par la suite. Je le prie de recevoir, ici, l'hommage de ma profonde reconnaissance.

A tous mes PROFESSEURS de l'Ecole Vétérinaire d'Alfort.

INTRODUCTION

A l'heure actuelle, la notion d'un minimum de protides nécessaires aux besoins d'un organisme est définitivement établie. On s'est demandé si les éléments ternaires, eux aussi, étaient indispensables. Des rations composées uniquement de protéines ou de protéines et de graisses provoquent l'apparition de produits anormaux de désintégration et entraînent de l'acétonurie, de l'ammoniurie, de l'acidose urinaire. Si l'on ajoute à ces rations une certaine quantité de glucides, l'urine redevient normale. Cependant certains lipides et la plupart des protides sont peu cétogènes; il en est même qui ne le sont pas. En effet, des acides aminés comme le glyco-colle, l'alanine, les acides glutamique et aspartique, etc., sont à un stade d'oxydation suffisamment avancé pour être transformés, au niveau du foie, en glycose, puis en glycogène; ils sont ensuite dégradés comme ce dernier et ne sont donc pas cétogènes. D'autres acides aminés comme la leucine, l'isoleucine, qui existent dans beaucoup de protéines, ont une molécule peu oxydée et une fois désaminés se confondent avec les acides gras à nombre d'atomes de carbone pair. Ce sont ces acides gras, provenant de graisses ou de protides, qui sont uniquement cétogènes. L'addition d'une certaine quantité de glucides supprime l'acétonurie qui en résulte.

Dans la majorité des cas, les matériaux alimentaires

renferment des composés cétogènes et si leur ingestion laisse l'excrétion urinaire normale, cela tient à ce que les aliments renferment toujours une certaine quantité d'hydrates de carbone doués d'un pouvoir anticétogène.

Un minimum de glucides paraît donc indispensable à un métabolisme normal des protéines. Mais, en dehors de leur influence sur la nature des déchets urinaires, les aliments ternaires ont probablement une autre action sur le métabolisme azoté et plus particulièrement sur la synthèse des protéines. Certains auteurs ont cherché à étudier comparativement les graisses et les hydrates de carbone à ce dernier point de vue.

De nombreuses expériences ont été faites sur l'homme; les unes ont permis d'étudier les variations de l'excrétion azotée pendant le jeûne protéique, lorsque l'on donne comme ration alimentaire soit des hydrates de carbone, soit des graisses. Dans ces conditions, l'excrétion azotée est maximum pendant le jeûne total. Elle diminue lorsque l'on donne des graisses et devient minimum en présence des glucides (Cathcart, Landergreen).

D'autres expériences portant encore sur l'homme ont montré que, si dans une ration contenant des protéines, des glucides et des lipides et maintenant l'équilibre azoté, on remplace une partie des hydrates de carbone par une quantité isodynamique de graisse, l'équilibre persiste. Mais, si la totalité des glucides est remplacée par une quantité isodynamique de lipides, l'équilibre est rompu et le bilan azoté devient négatif (B. Kayser).

Ainsi les graisses peuvent, dans certaines limites, remplacer les hydrates de carbone sans modifier le métabolisme azoté; mais pour obtenir ce résultat, il semblerait utile de conserver dans la ration un minimum de glucides.

Des expériences analogues ont été faites sur les ani-

maux. E. Terroine et M^{lle} A. M. Mendler, en 1926, ont constaté, sur des porcelets en voie de croissance, un coefficient de rétention de l'azote plus grand, lors d'une alimentation avec du lait écrémé additionné d'amidon, que lorsque le lait écrémé était additionné de graisse de beurre. D'autres auteurs ont opéré sur le rat blanc, et les résultats les plus contradictoires ont été obtenus. Il est certain, comme le pense F. Maignon, que l'espèce animale peut modifier profondément les résultats d'expériences semblables, où tant de facteurs interviennent, facteurs dont l'importance relative peut varier d'une espèce à l'autre.

Notre travail portant uniquement sur le rat blanc, nous ne rappellerons que les résultats obtenus sur ce dernier animal.

F. Maignon montra le premier, dès 1918, la supériorité des graisses sur les glucides pour la réalisation de la fixité prolongée de poids chez le rat blanc, avec des régimes composés, soit d'ovalbumine-amidon, soit d'ovalbumine-graisse.

En augmentant progressivement la proportion de graisse (saindoux) par rapport à celle de l'albumine, Maignon a vu s'allonger, chez le rat blanc, la durée de fixité du poids jusqu'à un maximum obtenu avec le mélange : ovalbumine I, saindoux I.

En remplaçant la graisse par l'amidon, il a constaté que la durée maximum de fixité de poids est encore réalisée avec la ration ovalbumine I, amidon I, mais que, dans ce cas, la période d'équilibre pondéral est toujours beaucoup plus courte qu'avec la graisse. En outre, cet auteur a montré que les rats nourris avec le mélange ovalbumine I, graisse I, ingèrent moins d'azote et moins de calories pour réaliser la fixité du poids que les rats nourris avec le mélange ovalbumine I, amidon I.

En 1924, Osborne et Mendel ont montré chez le même animal qu'avec des rations composées de protéines, de graisses et de vitamines A et B, on assurait non seulement la fixité du poids, mais aussi la croissance. Cette croissance était toujours obtenue lorsque les auteurs remplaçaient la graisse par des acides gras. Ils arrivèrent aux mêmes résultats en remplaçant les graisses par des hydrates de carbone.

Plus tard, en 1927, ces expériences étaient répétées par Harold Levine et Arthur H. Smith; là encore, les graisses se montrèrent suffisantes pour assurer la croissance du rat, à condition naturellement que les besoins en protéines et en sels fussent satisfaits. Au bout de 83 jours d'expérience, les rats nourris exclusivement de graisses et de protéiques ne présentèrent aucune surcharge grasseuse du foie. D'après les auteurs, la graisse semble être très bien utilisée par le rat blanc, avec un rendement de 98 %.

Graisses et hydrates de carbone permettent donc l'utilisation des protéines alimentaires. F. Maignon avait obtenu la fixité prolongée du poids dans les deux cas; mais il signale que cette fixité est plus facilement réalisée avec les graisses qu'avec les hydrates de carbone, ce qui comporterait un avantage en faveur des graisses en ce qui concerne l'utilisation des protéines.

Cette question a été étudiée par d'autres auteurs qui ont utilisé la méthode des bilans azotés, Maignon s'étant contenté, dans ses premières recherches, de comparer les ingesta.

En 1920 et 1921, Desgrez et H. Bierry, après avoir constaté que des rations incomplètes en vitamines, composées de protéines, de graisses et de sucre, pouvaient assurer pendant un certain temps l'équilibre azoté, ont remplacé le sucre par une quantité isodynamique de graisse et ont

vu le bilan azoté devenir négatif. Ils en ont conclu qu'un minimum de sucre était nécessaire.

En 1922, Sabato Visco a effectué aussi des bilans azotés chez le rat, en utilisant des rations ovalbumine-graisse et ovalbumine-amidon. Les bilans étaient toujours positifs; mais ils l'étaient beaucoup plus avec les rations contenant de l'amidon qu'avec celles contenant de la graisse. Ainsi, les glucides se seraient montrés nettement supérieurs aux lipides dans la synthèse des protéines.

Nous ferons plus loin la critique de ces expériences.

En 1924, des bilans azotés ont été également effectués dans des conditions beaucoup plus rigoureuses par Maignon et Jung. Ces auteurs employèrent les rations ovalbumine-saindoux parties égales et ovalbumine-amidon parties égales. Ils ajoutaient des sels minéraux et du bicarbonate de soude pour éviter l'acidose résultant du régime adipo-protéique. Les bilans azotés n'étaient déterminés que lorsque la période de fixité de poids était atteinte.

Les rats étaient installés dans des cages de Mac Collum permettant de recueillir séparément les crottes et l'urine et de recevoir celle-ci, aussitôt après l'émission, dans de l'acide sulfurique, ce qui supprimait toute perte d'azote par fermentation ammoniacale. De plus, les bilans portaient sur une durée de cinq à huit jours. L'erreur, provenant de ce que l'albumine antérieurement ingérée n'est pas complètement exploitée aux moments où l'on commence et où l'on finit l'expérience, était ainsi rendue négligeable.

En mai-juin 1924, Maignon et Jung ont obtenu avec des femelles soumises au régime ovalbumine-graisse, des bilans constamment positifs, tandis que celles qui étaient soumises au régime ovalbumine-amidon donnaient des bilans constamment négatifs. De plus, la quantité d'azote

assimilée était bien moins importante avec les rations contenant de la graisse qu'avec celles contenant de l'amidon.

Des résultats aussi contradictoires laissent supposer que l'établissement des bilans azotés chez le rat blanc est une chose très délicate donnant facilement prise à l'erreur. Si les différents auteurs ne tombent pas d'accord, c'est qu'ils emploient des méthodes fort différentes. Nous avons recherché, dans ce présent travail, en collaboration avec notre maître, le Professeur F. Maignon, les conditions d'expérimentation permettant d'obtenir le plus de précision dans les résultats, et cela nous a conduit à une technique que nous décrirons dans un premier chapitre.

Nous exposerons et commenterons ensuite les quelques résultats obtenus à l'aide de cette méthode.

Ces résultats sont trop peu nombreux pour nous permettre de dégager des conclusions définitives, en ce qui concerne le rôle comparatif des graisses et des hydrates de carbone dans l'utilisation des protéines; mais néanmoins, ils semblent pencher en faveur d'une supériorité des graisses. Nous nous proposons d'ailleurs de poursuivre ces recherches et d'en publier les résultats ultérieurement.

CHAPITRE PREMIER

Technique expérimentale utilisée dans l'établissement des bilans azotés chez le rat blanc

PREPARATION DES ANIMAUX

Les rats choisis sensiblement de même poids sont placés peu à peu dans les conditions de l'expérimentation. Ils sont alimentés au préalable, pendant quelques jours, avec le mélange qui leur sera donné pendant l'expérience, et cela jusqu'à ce que le poids demeure fixe. Les animaux sont ensuite placés dans des cages spéciales où s'effectuera la détermination du bilan et où l'on attend de nouveau la fixité du poids. Cette période de préparation dure de dix à quinze jours; elle est absolument indispensable pour habituer l'organisme au régime nouveau, et éviter les variations de poids qui se produiraient inévitablement pendant l'établissement des bilans et compliqueraient l'interprétation des résultats. Nous proposons, en effet, de déterminer comparativement l'action de la graisse ou de l'amidon associés à l'albumine dans l'utilisation de la ration, il est indispensable que les graisses de réserve demeurent invariables au cours de l'expérience. Dans le cas d'amaigrissement et, s'il s'agit d'un animal recevant un mélange ovalbumine-amidon, il faut tenir compte dans l'interprétation des résultats, de ce que l'utilisation de l'albumine ingérée a pu être influencée par la consommation simultanée d'une certaine quantité de graisse empruntée aux réserves de l'animal.

PREPARATION DES RATIONS

Les rations utilisées sont des mélanges ovalbumine-amidon ou ovalbumine-graisse additionnés de sels minéraux.

L'ovalbumine utilisée est le produit commercial en écailles. Finement broyée, elle est portée pendant 24 heures à l'étuve à 105°.

L'amidon est un amidon du commerce pur et pulvérisé. La graisse est du saindoux ordinaire; cette graisse, de par sa préparation à chaud et de par son origine, est dépourvue à peu près complètement de vitamine A (Simonnet).

On ajoute aux rations ovalbumine-amidon et ovalbumine-graisse 0,7 % du mélange salin d'Osborne et Mendel, dépourvu de citrate et de lactose (1). Ces dernières substances, étant des aliments ternaires, fausseraient les influences respectives de la graisse ou de l'amidon. A 0,7 % du mélange salin modifié correspondent 4 % du mélange salin complet; c'est cette dernière proportion qui était adoptée par Osborne et Mendel.

Au mélange graisse-ovalbumine, on ajoute en plus 15 à 20 % de bicarbonate de soude, quantités reconnues nécessaires et suffisantes pour éviter l'acidose et maintenir une légère alcalinité de l'urine.

Dans les expériences avec vitamines, ces dernières substances sont introduites quotidiennement dans la ration sous la forme de 0 gr. 10 de poudre d'épinard (facteur A)

(1) Le mélange salin d'Osborne et Mendel contient aussi du citrate de fer que nous remplaçons par du chlorure ferrique. Nous donnons ici la composition du mélange salin modifié utilisé dans nos expériences:

CaCO ³	13,48	H ² SO ⁴	0,92
MgCO ³	2,42	Fe ³ Cl	0,5
Na ² CO ³	3,42	KI	0,002
K ² CO ³	14,13	MnSO ⁴	0,007
H ³ PO ⁴	10,32	NaF	0,024
HCl	5,34	K ² Al ² (SO ⁴) ²	0,002

et 0 gr. 20 de levure de bière desséchée (facteur B). Ce sont les quantités indiquées par Lafayette Mendel.

Pour faciliter les manipulations, nous préparons à l'avance quatre sortes de poudre, dont voici les compositions :

	Ovalbumine pulvérisée et cuite à 105°	Sels minéraux Mélange OSBORNE et MENDEL modifié	Poudre d' épinard	Levure de bière desséchée
POUDRE. I. . .	100	1,7		
POUDRE II. . .	100	3,1		
POUDRE III . .	100	1,7	5	10
POUDRE IV . .	100	3,1	7	14

Nous préparons aussi à l'avance le saindoux, auquel nous incorporons soigneusement 30 % de bicarbonate de soude.

Les poudres I et II servent à la préparation des rations sans vitamines, et les poudres III et IV servent à la préparation des rations avec vitamines. Ainsi, pour obtenir les mélanges d'ovalbumine-amidon 1-1 et 1-2, on ajoute à une partie de poudre I (sans vitamine) ou de poudre III (avec vitamines) une partie ou deux parties d'amidon. Les poudres I et III nous servent aussi à la préparation des mélanges ovalbumine-graisse 1-1/2 et 1-1; les poudres II et IV sont utilisées dans les mélanges ovalbumine-amidon 1-3 et 1-4 et dans les mélanges ovalbumine-graisse 1-2 et 1-3. Nous résumons dans le tableau suivant la composition des différents mélanges obtenus.

(Voir tableau page 14)

TAB LEAU

	POUDRE I servant à la préparation des rations sans vitamines				POUDRE II servant à la préparation des rations sans vitamines				POUDRE III servant à la préparation des rations avec vitamines				POUDRE IV servant à la préparation des rations avec vitamines			
	Oval.-amidon		Oval.-graisse		Oval.-amidon		Oval.-graisse		Oval.-amidon		Oval.-graisse		Oval.-amidon		Oval.-graisse	
	1 - 1	1 - 2	1-1/2	1 - 1	1 - 3	1 - 4	1 - 2	1 - 3	1 - 1	1 - 2	1-1/2	1 - 1	1 - 3	1 - 4	1 - 2	1 - 3
Sels minéraux, mélange Osborne et Mendel modifié	0,8 0/0	0,6 0/0	1,1 0/0	0,8 0/0	0,8 0/0	0,6 0/0	1,0 0/0	0,8 0/0	0,8 0/0	0,6 0/0	1,1 0/0	0,8 0/0	0,8 0/0	0,6 0/0	1,0 0/0	0,8 0/0
Bicarbonat de soude			10 0/0	15 0/0			20 0/0	22 0/0			10 0/0	15 0/0			20 0/0	22 0/0
Poudre d'épinard . . .							2,5 0/0	1,7 0/0	2,5 0/0	1,7 0/0		2,5 0/0	1,7 0/0	1,4 0/0	2,3 0/0	1,7 0/0
Levure de bière. . . .							5 0/0	3,3 0/0	5 0/0	3,3 0/0		5 0/0	3,3 0/0	2,8 0/0	4,6 0/0	3,3 0/0

Les chiffres indiquant le pourcentage en poudre d'épinard et en levure de bière sont calculés de telle façon que, chaque jour, les rats absorbent environ 0,2 gr. de poudre d'épinard et 0,4 gr. de levure de bière. Ainsi ces quantités doivent être contenues dans les 10 gr. d'une ration ovalbumine 1 grasse 2 (un rat soumis à ce régime ingère environ 3 gr. d'ovalbumine par jour). On voit que 100 gr. de ration doivent contenir 2 gr. de poudre d'épinard et 4 gr. de levure de bière; ce qui correspond bien aux chiffres 2,3 0/0 et 4,6 0/0 indiqués dans le tableau.

PRÉPARATION DU MÉLANGE OVALBUMINE-AMIDON

Aux mélanges de poudre d'ovalbumine, de sels minéraux et de vitamines, on ajoute peu à peu l'amidon et, lorsque le mélange est bien homogène, on humecte avec de l'eau jusqu'à obtention d'une masse granuleuse qui ne doit pas coller aux doigts. On divise en boulettes de 3 gr. environ. Ces boulettes sont conservées cinq à six jours dans une capsule recouverte d'un linge humide, afin d'empêcher la dessiccation et le durcissement.

PRÉPARATION DU MÉLANGE OVALBUMINE-GRAISSE

On malaxe dans un mortier le saindoux bicarbonaté, en ajoutant peu à peu la poudre d'ovalbumine, de sels minéraux et de vitamines, jusqu'à ce que celle-ci soit uniformément répartie. On obtient une masse grasse et molle qui est très bien acceptée par les rats.

DETERMINATION DE L'AZOTE

CONTENU DANS LES RATIONS

On prélève un échantillon de 2 grammes environ d'ovalbumine prête à être utilisée (cet échantillon doit peser entre 1.900 mgr. et 2.100 mgr.). Immédiatement après, on pèse les quantités qui doivent entrer dans les différentes rations d'une expérience. Les pesées doivent être faites à 1/2 dcgr. près et rapidement, car la poudre d'ovalbumine est très hygroscopique.

Le tableau suivant donne approximativement les quantités d'ovalbumine consommées par rat de 150 grammes pendant 7 jours, et pour une ration déterminée.

Rations ovalb. - amidon sans vitamines	Quantités d'ovalb. en poudre consommées en 7 jours	Rations ovalb. - amidon avec vitamines	Quantités d'ovalb. en poudre consommées en 7 jours
1—1	30 gr.	1—1	40 à 50 gr.
1—2	20 gr.	1—2	20 à 25 gr.
1—3	15 gr.		

Rations ovalb. - graisse sans vitamines	Quantités d'ovalb. en poudre consommées en 7 jours	Rations ovalb. - graisse avec vitamines	Quantités d'ovalb. en poudre consommées en 7 jours
1—1/2	25 gr.	1—1	25 à 30 gr.
1—1	15 gr.	1—2	20 gr.
1—2	10 gr.		
1—3	10 gr.		

L'azote de l'échantillon est transformé en ammoniacque par la méthode Kjeldahl (Denigès (8)). Dans un Kjeldahl de 500 cm³ on introduit la poudre d'ovalbumine à détruire, puis 30 cm³ d'oxalate de potassium à 30 % et 60 cm³ d'acide sulfurique à 66°. On porte à l'ébullition. Lorsque l'eau est totalement éliminée par évaporation, des vapeurs blanches apparaissent et s'accumulent dans le ballon; c'est alors que l'on condense les vapeurs sulfuriques à l'aide d'un entonnoir placé sur le goulot. Peu à peu le liquide, d'abord noir et opaque, s'éclaircit pour devenir limpide et incolore. La transformation est complètement terminée au bout de 7 à 8 heures (1). Après refroidissement, on

(1) Il est absolument indispensable d'obtenir *après refroidissement* un liquide parfaitement limpide et incolore. S'il n'en est pas ainsi, il faut continuer la destruction en ajoutant de l'oxalate de potassium et de l'acide sulfurique.

complète à 500 cm³ et on prélève 25 cm³, à l'aide desquels on dose l'azote ammoniacal par la méthode au formol de Ronchèse (Denigès (8bis)).

Cette méthode exige une neutralisation parfaite des 25 cm³ fortement sulfuriques provenant du Kjeldahl. Pour cela, on opère une première neutralisation à l'aide d'une solution de soude à 36°. Le réactif utilisé est la phtaléine du phénol; on ajoute 4 à 5 gouttes de solution alcoolique à 3 %. Le virage au rouge par excès d'une goutte est immédiatement détruit par addition d'une ou deux gouttes d'une solution sulfurique contenant 3 cm³ 5 d'acide sulfurique à 66° et 10 cm³ d'eau. Cette acidité nouvelle est alors exactement neutralisée avec la solution de soude décimale utilisée pour le dosage au formol. La couleur du nouveau virage n'est plus rouge violacé. Elle est d'un rose assez discret. Cependant le virage doit se faire nettement par excès d'une goutte de soude décimale (2). On ajoute ensuite 15 cm³ de solution formolée contenant 1 partie d'eau pour 1 partie de formol et exactement neutralisée vis-à-vis de la phtaléine. On titre jusqu'à virage au rose par excès d'une goutte de soude décimale, l'acide sulfurique libéré par le formol de son sel ammoniacal. La formule suivante donne en grammes l'azote de la prise d'essai :

$$\text{Ngr} = (n \times \frac{31}{30}) \times 0,0014. \quad n = \text{nombre de cm}^3 \text{ de soude décimale.}$$

Cette méthode donne une précision suffisante et offre l'avantage de permettre les dosages en série.

Connaissant la richesse en azote de l'échantillon d'ovalbumine, il est alors facile de calculer les quantités d'azote contenues dans les diverses rations à condition toutefois

(2) Lorsque le virage ne se fait pas brusquement, c'est que l'attaque par l'acide sulfurique n'a pas été assez prolongée.

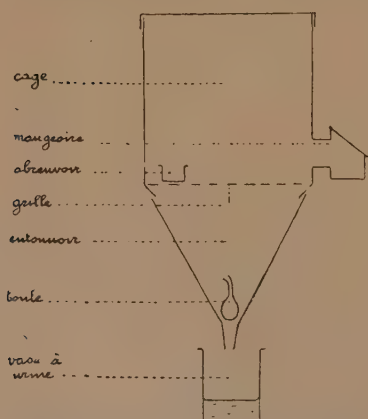
qu'elles soient confectionnées et distribuées sans aucune perte.

A cet effet le mélange ovalbumine-graisse est effectué au mortier et l'on récolte les dernières parcelles en raclant les parois ainsi que le pilon à l'aide de carton bristol; on nettoie de la même façon les récipients et s'il y a lieu les mangeoires; on ne perd ainsi qu'une quantité négligeable de matière.

Pour le mélange ovalbumine-amidon, quelques parcelles de pâte restent adhérentes au mortier et aux doigts avec lesquels on a confectionné les boulettes. Un lavage permet de tout recueillir et les eaux sont soigneusement conservées sans altération, grâce à l'addition de 1 ou 2 grammes de chloroforme.

LES CAGES ET LA RECOLTE DES EXCRETA

Les rats, après avoir été pesés, sont placés individuellement dans des cages du type Mac Collum. Celles-ci sont composées d'un corps cylindrique en métal galvanisé dont



le fond est une grille mobile; elles sont posées sur des entonnoirs en verre. L'urine s'écoule dans un vase placé en dessous. Une boule de verre au fond de l'entonnoir empêche les crottes et les débris alimentaires de tomber dans l'urine. La nourriture est donnée dans une mangeoire fixée latéralement à la cage. Ces cages ont le grand avan-

tage de permettre de recueillir l'urine au fur et à mesure de son émission. En mettant de l'acide sulfurique dans le récipient destiné à la recevoir on empêche ainsi toute fermentation. Les crottes sont arrêtées par la boule et peuvent être séparées. Mais, à l'usage, certains inconvénients nous sont apparus. Les rats transportent quelquefois leur nourriture en dehors de leur mangeoire. Des parcelles tombent dans l'entonnoir et vont s'accumuler autour de la boule. L'urine, en passant, peut dissoudre une certaine quantité d'albumine, qui est entraînée dans l'urine. Ainsi la quantité d'azote urinaire est augmentée et inexacte. Nous avons tourné cette difficulté en recevant l'urine dans un mélange formé de 20 cm³ d'acide sulfurique à 66° et de 50 cm³ d'eau. La petite quantité d'albumine qui peut être entraînée est coagulée et tombe au fond du vase. On empêche l'acidalbumine formé de se redissoudre dans l'excès d'acide sulfurique par l'addition de 50 cm³ d'une solution saturée de sulfate de magnésium.

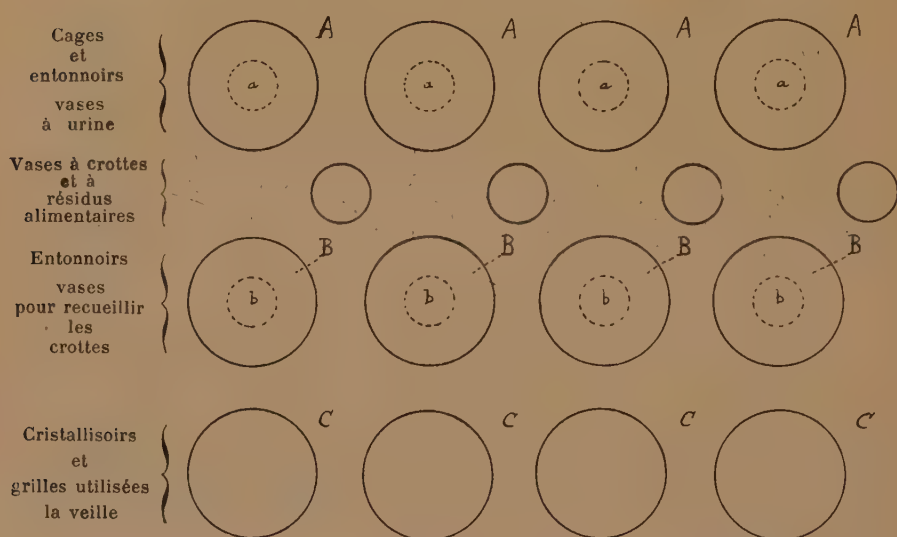
A la fin de l'expérience, l'urine est centrifugée et séparée complètement du précipité albumineux qui est réuni aux crottes et aux résidus alimentaires. L'urine demeurée adhérente à l'entonnoir et aux crottes au niveau de la boule est entraînée par plusieurs jets de pissette donnés au cours de la journée.

Les cages et entonnoirs sont nettoyés une fois par jour. Nous avons adopté, pour 4 rats, un dispositif qui nous permet un nettoyage complet tout en évitant les pertes d'excréta. Quatre cages sur quatre entonnoirs A (voir. figure p. 20), renferment les rats en expérience. Devant chaque cage se trouve un entonnoir B prêt à recevoir une cage et, devant l'entonnoir, un large cristalliseur C contenant de l'eau chloroformée dans laquelle baigne complètement la seconde grille de l'appareil, utilisée la veille.

Pour le nettoyage de la cage, on procède de la manière suivante :

Les grilles des cristallisoirs, débarrassées de leurs crottes, sont déposées sur les entonnoirs B, où elles s'égouttent dans les vases *b* placés au-dessous.

Les abreuvoirs, petits cristallisoirs en verre épais, sont enlevés, puis le rat est soulevé et maintenu constamment



au-dessus de la cage, afin que l'urine soit recueillie en cas de miction, ce qui arrive souvent au moment de cette opération. La grille souillée est enlevée et déposée dans le cristallisoir, tandis que celle qui en sort lavée et égouttée est installée à sa place. Le rat est déposé sur la grille, ainsi que l'abreuvoir dont on a renouvelé l'eau. Un jet de pissette entraîne l'urine demeurée adhérente aux crottes et aux résidus alimentaires retenus par la boule.

On en fait autant pour chaque cage. Ensuite, on inter-change rapidement les vases à urine *a*, qui sont sous les entonnoirs avec cage *A* et les vases à crottes *b*, qui sont

sous les entonnoirs B, vases qui ont déjà recueilli le liquide provenant des grilles égouttées. Un fort coup de pissette entraîne les résidus restés sur la base de la cage, lesquels tombent ainsi dans les vases à crottes *b*. Les cages A sont ensuite transportées rapidement sur les entonnoirs libres B au fond desquels on a installé des boules propres et sous lesquels sont maintenant les vases à urine.

Il ne reste plus qu'à nettoyer les entonnoirs découverts A, à l'aide de spatules en verre et d'un jet de pissette. Les crottes sont ainsi poussées dans le vase que l'on vide ensuite dans un plus grand récipient contenant de l'acide sulfurique. De cette façon, les excréta sont parfaitement recueillis avec le minimum de perte et de fermentation. Un nettoyage de ce genre demande à peine une demi-heure, temps relativement court.

A la fin de l'expérience, les cristallisoirs ayant servi au lavage des grilles sont vidés dans les vases à crottes et soigneusement rincés. On y joint aussi les eaux de lavage du mortier ayant servi à la préparation des boulettes, de même que le culot de centrifugation des urines.

De cette façon, nous obtenons en fin d'expérience, une série de vases contenant les crottes et les résidus alimentaires, et une autre série contenant les urines purifiées.

TRAITEMENT DES EXCRETA

a) DOSAGE DE L'AZOTE URINAIRE.

Nous utilisons la méthode de Kjeldahl pour la destruction des matières organiques et la transformation de l'azote en sulfate d'ammoniaque. L'ammoniaque est ensuite dosée par la méthode au formol de Ronchèse.

L'analyse porte sur 2 cm³ de liquide urinaire récolté

pendant 6 à 7 jours et dilué préalablement à 250 cm³. Ces 2 cm³ d'urine sont introduits dans un Kjeldahl de 50 cm³ avec 3 cm³ d'acide sulfurique à 66° et 1 cm³ 5 d'oxalate de potassium à 30 %; le temps de chauffage est réduit à 3 ou 4 heures (1). Aucune dilution ultérieure n'est nécessaire, ce qui diminue d'autant les erreurs dues aux mesures multipliées.

On dose l'ammoniaque sur la totalité de l'échantillon d'urine détruit. A cet effet, on verse le contenu du Kjeldahl dans une fiole conique d'Erlenmeyer et, avec l'eau de rinçage, on dilue à 30 cm³ environ. On neutralise ensuite comme pour le dosage de l'échantillon d'ovalbumine et on titre à l'aide de la soude décinormale après avoir ajouté 15 cm³ de solution formolée.

b) DOSAGE DE L'AZOTE DES EXCRÉMENTS ET RÉSIDUS ALIMENTAIRES.

Ces résidus sont contenus en général dans une assez grande quantité d'eau sulfurique. Cette eau est évaporée dans de grandes capsules de porcelaine de 1 litre, jusqu'à ce que le résidu puisse être introduit entièrement dans un Kjeldahl de 500 cm³ avec 50 à 75 cm³ d'acide sulfurique à 66° et 25 à 30 cm³ d'oxalate de potassium à 30 %.

Dans certains cas, lorsque la quantité d'amidon des résidus alimentaires est trop importante, il se produit, quelque temps avant l'apparition des fumées blanches, une mousse abondante. On peut la faire tomber par l'addition de quelques gouttes d'alcool amylique.

Le mieux est d'éviter les résidus alimentaires trop importants.

On utilise la même méthode de dosage que pour l'échan-

(1) Voir note (1), page 23.

tillon d'ovalbumine. Cependant, ici, les grandes quantités de matières nous obligent à diluer. D'ailleurs, il faut remarquer qu'aucune mesure volumétrique n'est faite avant la destruction et qu'elle est simplement reportée après.

Le liquide limpide du Kjeldahl (1) est donc dilué et ramené à 500 cm³ et c'est sur 10 cm³ de la solution ammoniacale que l'on fait le dosage au formol après neutralisation parfaite.

CALCUL DES RESULTATS

Nous connaissons par l'azote de l'échantillon prélevé au début de l'expérience l'azote des rations alimentaires.

Cet azote est ce que nous appelons *l'azote ingéré*. L'azote obtenu par le dosage des crottes et des résidus est *l'azote des crottes*.

L'azote de l'urine est *l'azote excrété*.

La différence entre l'azote ingéré et l'azote des crottes nous donne exactement *l'azote assimilé*.

La différence entre l'azote assimilé et l'azote excrété nous donne le bilan qui peut être nul, très légèrement positif ou négatif.

(1) Le sulfate de magnésium, qui a été ajouté à l'urine avant centrifugation, précipite en fins cristaux, pendant l'attaque en milieu sulfurique; ces cristaux sont ensuite entraînés et dissous par les eaux qui servent au lavage du Kjeldahl.

CHAPITRE II

Exposé des Résultats

Les résultats obtenus dans les diverses expériences sont exposés sous forme de tableaux dans lesquels figurent, pour chaque animal, le régime auquel il a été soumis, la variation de poids au cours de l'expérience, l'azote assimilé, et le bilan azoté qui est la différence entre l'azote assimilé et l'azote excrété. Afin de pouvoir comparer plus facilement les différents chiffres obtenus sur des rats de poids différents et dans des périodes de temps variables, nous avons ramené par le calcul ces divers chiffres à un poids moyen de 150 grammes et à une durée de 24 heures. Ainsi un rat de 230 grammes ayant perdu 7 grammes dans une expérience de sept jours, a perdu 1 gramme par jour, perte qui serait, pour un poids de 150 grammes, de $\frac{1 \times 150}{230}$

c'est-à-dire de 0 gr. 7 par jour.

Nous avons fait subir les mêmes corrections aux chiffres exprimant l'azote assimilé et le bilan azoté.

Nous avons de même calculé, pour chaque rat, le nombre de calories correspondant à la ration ingérée quotidiennement en ramenant toujours le poids de l'animal à 150 grammes.

Pour la commodité de la lecture, nous avons fait imprimer en *caractères gras* les nombres se rapportant à des durées de 24 heures et à un poids de 150 grammes. Ainsi les résultats peuvent être comparés facilement.

Nous donnons d'abord les résultats des expériences sans vitamines et, en second lieu, de celles dont la ration a été complétée par l'addition de vitamines A et B.

EXPÉRIENCES

SANS

VITAMINES

EXPÉRIENCE V
COMMENCÉE LE 13 JANVIER 1928
Durée de la période préparatoire d'alimentation : 7 jours.

N ^o DU RAT	SEXE	DURÉE	RÉGIME	POIDS DES RATS EN GRS.			AZOTE ASSIMILÉ EN GRS.		CALORIES de la RATION par jour et par 150 gr. de poids vif	BILAN AZOTÉ EN GRS.	
				Début de l'expé- rience	Fin de l'expé- rience	VARIATION pendant l'expé- rience	pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif		pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif
12	mâle	5 jours	saindoux 1/2 ovalbumine 1	157	157	0	1,6	0,32	21,9	— 0,2	— 0,04
14	mâle	6 jours	saindoux 1/2 ovalbumine 1	147	140	— 7	1,6	0,27	48,0	— 0,2	— 0,033
15	mâle	7 jours	amidon 1 ovalbumine 1	167	145	— 22	1,8	0,26	47,2	+ 0,1	+ 0,014

EXPÉRIENCE V

Dans cette expérience, deux rats sont alimentés avec le mélange ovalbumine une partie, graisse une demi-partie, et un autre avec le mélange ovalbumine-amidon parties égales. Ces deux rations renferment, pour un même poids d'ovalbumine, des quantités sensiblement isoénergétiques de matières ternaires, la chaleur de combustion de la graisse étant un peu plus du double de celle de l'amidon. Nos trois rats ont consommé, par 150 grammes et par jour, 0 gr. 32, 0 gr. 27, 0 gr. 26 d'azote correspondant à des rations de 21 cal. 9, 18 cal., 17 cal. 2, chiffres très voisins.

Les bilans azotés sont sensiblement équilibrés, légèrement négatifs pour les deux rats ovalbumine-graisse, et légèrement positif pour le rat ovalbumine-amidon. Cette expérience semblerait indiquer un léger avantage en faveur de l'amidon, en ce qui concerne l'utilisation de l'ovalbumine; mais, il faut considérer que le rat ovalbumine-amidon a maigri de 3 grammes par jour, tandis que le poids des rats à ovalbumine-graisse s'est sensiblement maintenu.

C'est donc environ 3 grammes de graisse que le rat ovalbumine-amidon a consommé en plus de sa ration, et qui ont pu agir sur l'utilisation de l'albumine.

D'autre part, les chiffres représentant l'azote assimilé ne peuvent en eux-mêmes donner aucune indication utile, car ils sont très éloignés, surtout pour la graisse, du minimum nécessaire, et une forte proportion d'albumine dans le mélange ovalbumine I saindoux $1/2$ a été consommée uniquement en tant qu'aliment énergétique.

EXPÉRIENCE VI
COMMENCÉE LE 6 FÉVRIER 1928
Durée de la période préparatoire d'alimentation : 14 jours.

N ^o DU RAT	SEXE	DURÉE	RÉGIME	POIDS DES RATS EN GRS.			AZOTE ASSIMILÉ EN GRS.		CALORIES de la RATION par jour et par 150 gr. de poids vif	BILAN AZOTÉ EN GRS.	
				Début de l'expé- rience	Fin de l'expé- rience	VARIATION pendant l'expé- rience	pendant l'expé- rience	par jour 150 gr. de poids vif		pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif
12	mâle	6 jours	graisse 1 ovalbumine 1	177	179	+ 2	+ 0,2	1,8	0,25	+ 0,1	+ 0,046
14	mâle	10 jours	graisse 1 ovalbumine 1	160	136	- 24	- 2,4	1,6	0,46	- 0,2	- 0,02
13	mâle	11 jours	amidon 2 ovalbumine 1	197	189	- 8	- 0,5	3,3	0,23	+ 0,2	+ 0,015

EXPÉRIENCE VI

Si nous envisageons les rats 12 (ovalbumine 1-graisse 1) et 13 (ovalbumine 1-amidon 2) dont les bilans sont identiques et très légèrement positifs, nous voyons que les quantités d'azote assimilées sont également identiques (0 gr. 25 et 0 gr. 23); mais le rat 13 (ovalbumine-amidon) a perdu du poids (0 gr. 5 par jour), tandis que le rat 12 (ovalbumine-graisse) a légèrement augmenté (0 gr. 2 par jour). Cela nous explique que le nombre de calories empruntées aux aliments ait été moindre avec le rat 13 (ovalbumine-amidon), 21 cal. 9, qu'avec le rat 12 (ovalbumine-graisse), 26 cal. 2. Cette petite quantité de graisse de réserve consommée par le rat 13 (ovalbumine-amidon) a pu agir en outre sur l'utilisation de l'albumine.

Le rat 14 (ovalbumine-graisse) ayant perdu du poids (2 gr. 4 par jour), la consommation de graisse de réserve a eu pour effet d'abaisser sensiblement les chiffres d'azote assimilé et de calories absorbées.

Bien que les rations soient sensiblement isodynamos pour un même poids d'albumine, ces résultats ne peuvent donner aucune indication utile, parce que la proportion d'albumine dans la ration, surtout pour l'ovalbumine-graisse, est trop éloignée du minimum nécessaire.

EXPÉRIENCE VII

COMMENCÉE LE 3 MARS 1928

Durée de la période préparatoire d'alimentation : 9 jours.

N ^o DU RAT	SEXE	DURÉE	RÉGIME	POIDS DES RATS EN GRS.			AZOTE ASSIMILÉ EN GRS.		CALORIES de la RATION par jour et par 150 gr. de poids vif	BILAN AZOTÉ EN GRS.	
				Début de l'expé- rience	Fin de l'expé- rience	VARIATION pendant l'expé- rience	pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif		pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif
14	mâle	8 jours	saindoux 2 ovalbumine 1	125	104	— 21	0,8	0,40	44,8	— 0,20	— 0,027
15	mâle	8 jours	amidon 2 ovalbumine 1	125	100	— 25	1,8	0,30	37,6	— 0,20	— 0,027
13	mâle	7 jours	amidon 2 ovalbumine 1	120	110	— 10	1,4	0,26	32,5	— 0,10	— 0,043

EXPÉRIENCE VII

Dans cette expérience, les animaux ont reçu, par gramme d'ovalbumine, 2 grammes de substance ternaïre (saindoux ou amidon). Tous ont perdu du poids et, par conséquent, consommé des graisses de réserve. Tous ont également un bilan légèrement négatif.

Si nous considérons les deux rats 14 (ovalbumine-graisse) et 15 (ovalbumine-amidon), de même poids, dont les bilans sont identiques (— 0 gr. 027) et dont les pertes de poids sont importantes pour les deux : 3 gr. 2 par jour pour le rat ovalbumine-graisse; 4 gr. 1 pour le rat ovalbumine-amidon, l'azote emprunté à la ration n'a été que de 0 gr. 10 par jour pour le rat ovalbumine-graisse, tandis qu'elle a été de 0 gr. 30 pour le rat ovalbumine-amidon. Ce surcroît d'azote n'a pas été rendu nécessaire pour assurer le minimum de calories, car le nombre de calories consommées par ce dernier animal a été bien supérieur à celui du rat ovalbumine-graisse (37 cal. 6 au lieu de 14 cal. 8).

Dans cette expérience, pour le même résultat nutritif, la graisse s'est montrée bien supérieure à l'amidon dans l'utilisation de l'ovalbumine.

Les résultats du rat 13 parlent dans le même sens, bien qu'ils soient plus difficilement comparables, à cause de la perte de poids qui a été moindre et du bilan moins négatif.

EXPÉRIENCE IX
COMMENCÉE LE 21 MARS 1928
Durée de la période préparatoire d'alimentation : 12 jours.

N ^o DU RAT	SEXE	DURÉE	RÉGIME	POIDS DES RATS EN GRS.			AZOTE ASSIMILÉ EN GRS.		CALORIES de la RATION par jour et par 150 gr. de poids vif	BILAN AZOTÉ EN GRS.	
				Début de l'expé- rience	Fin de l'expé- rience	VARIATION pendant l'expé- rience	pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif		pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif
12	Mâle	6 jours	saindoux 3 ovalbumine 1	223	223	0	0,92	0,402	24,9	-0,08	-0,012
14	Mâle	8 jours 1/2	saindoux 3 ovalbumine 1	150	145	-5	0,84	0,099	20,4	-0,06	-0,007
13	Mâle	7 jours	amidon 3 ovalbumine 1	165	150	-15	1,55	0,220	22,8	-0,20	-0,028
15	Mâle	8 jours	amidon 3 ovalbumine 1	170	155	-15	1,69	0,497	20,8	-0,26	-0,035

EXPÉRIENCE IX

Dans cette expérience, les animaux ont reçu, par gramme d'ovalbumine, 3 grammes de substances ternaires, graisse ou amidon.

Les rats 12 et 14 à ovalbumine-graisse, ont maintenu sensiblement leur poids, tandis que les rats 13 et 15 à ovalbumine-amidon ont perdu 2 grammes par jour. Le bilan azoté est sensiblement équilibré ou très légèrement négatif avec les premiers (— 0,012 et — 0,007) et nettement négatif avec les seconds (— 0,028 et — 0,035).

Le nombre de calories de la ration est sensiblement le même pour les quatre sujets et très voisin de 21.

Ces résultats nutritifs, moins bons avec l'ovalbumine-amidon qu'avec l'ovalbumine-graisse, par la seule considération des bilans, ont néanmoins exigé une consommation d'azote deux fois plus importante avec l'amidon qu'avec la graisse : 0,22 et 0,19 au lieu de 0,10 et 0,09.

Dans cette expérience sans vitamines, où l'albumine était en faible proportion dans la ration (1/4), l'avantage en ce qui concerne l'utilisation des protéines est nettement en faveur des graisses.

EXPÉRIENCE X
COMMENCÉE LE 8 AVRIL 1928
Durée de la période préparatoire d'alimentation : 16 jours.

N° DU RAT	SEXE	DURÉE	RÉGIME	POIDS DES RATS EN GRS.			AZOTE ASSIMILÉ EN GRS.		CALORIES de la RATION par jour et par 150 gr. de poids vif	BILAN AZOTÉ EN GRS.	
				Début de l'expé- rience	Fin de l'expé- rience	VARIATION pendant l'expé- rience	pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif		pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif
16	Mâle	4 jours	saindoux 1 ovalbumine 1	163	170	+ 7	+ 1,7	1,30	0,29	— 0,01	— 0,002
18	Mâle	3 jours 1/2	saindoux 1 ovalbumine 1	183	195	+ 12	+ 3,1	1,30	0,29	— 0,03	— 0,007
17	Mâle	3 jours 1/2	amidon 1 ovalbumine 1	153	135	— 18	— 4,8	1,54	0,44	— 0,05	— 0,013
19	Mâle	3 jours	amidon 1 ovalbumine 1	148	145	— 3	— 1,0	1,20	0,41	— 0,04	— 0,012

EXPÉRIENCE X

Dans cette expérience, où l'ovalbumine est mélangée à la substance ternaire (graisse ou amidon) à parties égales, les rats 16 et 18 à ovalbumine-graisse ont augmenté de poids, tandis que ceux à ovalbumine-amidon, 17 et 19, en ont perdu. Le bilan azoté sensiblement équilibré avec les premiers, est légèrement négatif avec les seconds. Le nombre de calories de la ration est légèrement supérieur avec l'ovalbumine-graisse (24 au lieu de 22), et cela tient très certainement à ce que les rats à ovalbumine-amidon, qui ont maigri, ont emprunté une partie des calories aux graisses de réserve.

Ces résultats nutritifs, moins bons avec l'ovalbumine-amidon, ont néanmoins exigé une consommation d'azote plus forte (0,44 et 0,41 au lieu de 0,29 et 0,29). Dans cette expérience sans vitamines, l'avantage en ce qui concerne l'utilisation des protéines est donc encore en faveur de la graisse si l'on considère les bilans plus fortement négatifs avec l'amidon, bien que la consommation d'azote ait été beaucoup plus grande.

EXPÉRIENCES

AVEC

VITAMINES

EXPÉRIENCE XI
COMMENCÉE LE 15 MAI 1928
Durée de la période préparatoire d'alimentation : 11 jours.

N ^o DU RAT	SEXE	DURÉE	RÉGIME	POIDS DES RATS EN GRS.			AZOTE ASSIMILÉ EN GRS.		CALORIES de la RATION par jour et par 150 gr. de poids vif	BILAN AZOTÉ EN GRS.	
				Début de l'expé- rience	Fin de l'expé- rience	VARIATION par jour et par 150 gr. poids vif	pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif		pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif
20	mâle	7 jours	saindoux 1 ovalbumine 1 vitamines	237	230	— 7 — 0,7	2,31	0,245	48,4	— 0,03	— 0,003
22	mâle	7 jours	saindoux 1 ovalbumine 1 vitamines	193	188	— 5 — 0,6	2,36	0,261	23,4	— 0,47	— 0,052
23	mâle	6 jours	amidon 1 ovalbumine 1 vitamines	172	167	— 5 — 0,8	3,78	0,557	28,8	— 0,28	— 0,044

EXPÉRIENCE XI

Dans cette expérience, la ration renferme un mélange à parties égales d'ovalbumine et de substance ternaïre additionné de vitamines A et B sous forme de poudre d'épinard et de levure desséchée.

Tous les sujets ont un peu perdu de poids. Le bilan est sensiblement équilibré (— 0,003) pour un rat ovalbumine-graisse (n° 20); il est nettement négatif pour les deux autres, dont l'un, n° 22, à ovalbumine-graisse (bilan — 0,052) et l'autre, n° 23, à ovalbumine-amidon (bilan — 0,041).

Pour l'obtention de ce résultat, qui est nettement moins bon avec l'amidon qu'avec la graisse, le rat 23 à ovalbumine-amidon a assimilé 0,55 d'azote, tandis que les rats 20 et 22 à ovalbumine-graisse, n'ont consommé dans la ration que 0,21 et 0,26 d'azote. D'autre part, le nombre de calories de la ration est plus important avec l'amidon qu'avec la graisse (28 au lieu de 23 et 18).

Dans cette expérience, l'avantage est donc encore à la graisse en ce qui concerne l'utilisation de l'ovalbumine.

EXPÉRIENCE XII

COMMENCÉE LE 1^{er} JUIN 1928

Durée de la période préparatoire d'alimentation : 17 jours.

N ^o DU RAT	SEXE	DURÉE	RÉGIME	POIDS DES RATS EN GRS.			AZOTE ASSIMILÉ EN GRS.		CALORIES de la RATION par jour et par 150 gr. de poids vif	BILAN AZOTÉ EN GRS.	
				Début de l'expé- rience	Fin de l'expé- rience	VARIATION par jour pendant l'expé- rience 150 gr. poids vif	pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif		pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif
24	Femel.	5, 7 jours	saindoux 1 ovalbumine 1 vitamines	108	108	0	1,20	0,30	25,2	+0,03	+ 0,008
26	Femel.	4, 5 jours	saindoux 1 ovalbumine 1 vitamines	168	168	0	1,26	0,25	24,0	- 0,03	- 0,006
25	Femel.	6, 7 jours	amidon 2 ovalbumine 1 vitamines	147	137	- 10	1,63	0,25	49,5	-0,08	- 0,042
27	Femel.	6, 5 jours	amidon 2 ovalbumine 1 vitamines	150	150	0	1,92	0,28	24,8	+0,05	+ 0,007

EXPÉRIENCE XII

Dans cette expérience, on s'est efforcé de rendre les rations sensiblement isodynamos pour des quantités équivalentes d'albumine, et cela, en mettant deux fois plus d'amidon que de saindoux (ovalbumine 1, saindoux 1; ovalbumine 1, amidon 2), le tout additionné de vitamines.

Si nous considérons les rats 24 et 26 (ovalbumine 1, saindoux 1) et 27 (ovalbumine 1, amidon 2), dont les poids sont demeurés fixes et dont les bilans azotés sont sensiblement équilibrés, nous voyons que les consommations d'azote et de calories sont sensiblement les mêmes : 0,28 d'azote et 22 calories pour le rat ovalbumine-amidon; 0,28 d'azote et 23 calories en moyenne pour les rats ovalbumine-graisse.

Ces résultats ne confèrent aucun avantage ni à la graisse ni à l'amidon; graisse et amidon s'équivaldraient au point de vue utilisation des protéines. Mais il faut remarquer que dans le mélange ovalbumine 1 graisse 1, contrairement à ce qui est réalisé avec le mélange ovalbumine 1 amidon 2, l'albumine est loin du minimum indispensable, de sorte que l'animal, pour assurer son minimum de calories, en est réduit à utiliser une partie de cette albumine comme aliment énergétique. Ce qu'il faut comparer, pour répondre à la question, ce sont les minima d'albumine nécessaires avec l'amidon et la graisse, pour réaliser l'équilibre azoté.

EXPÉRIENCE XIII
COMMENCÉE LE 19 JUIN 1928
Durée de la période préparatoire d'alimentation : 7 jours.

N° DU RAT	SEXE	DURÉE	RÉGIME	POIDS DES RATS EN GRS.			AZOTE ASSIMILÉ EN GRS.		CALORIES de la RATION par jour et par 450 gr. de poids vif	BILAN AZOTÉ EN GRS.	
				Début de l'expé- rience	Fin de l'expé- rience	VARIATION pendant l'expé- rience et par 150 gr. poids vif	pendant l'expé- rience	par jour et par 450 gr. de poids vif		pendant l'expé- rience	par jour et par 150 gr. de poids vif
28	Mâle	7 jours	saindoux 2 ovalbumine 1 vitamines	177	173	— 4	1,03	0,43	48,5	— 0,16	— 0,020
30	Mâle	7 jours	saindoux 2 ovalbumine 1 vitamines	172	156	— 16	0,67	0,09	42,8	0,20	— 0,025
29	Mâle	6 jours	amidon 2 sucre 2, 4 ovalbumine 1 vitamines	215	222	+ 7	1,85	0,22	30,9	+ 0,31	+ 0,030
31	Mâle	6 jours	amidon 2 sucre 2, 4 ovalbumine 1 vitamines	213	217	+ 4	1,86	0,22	30,9	+ 0,25	+ 0,025

EXPÉRIENCE XIII

Dans cette expérience, nous nous sommes efforcés de réduire dans la ration la quantité d'albumine au minimum nécessaire, et cela en utilisant pour la graisse la proportion ovalbumine 1 - saindoux 2. Pour rendre les rations exactement isodynamiqnes, nous avons dû remplacer ces 2 parties de saindoux par 4,4 parties d'hydrates de carbone dans la ration ovalbumine-hydrates de carbone, et pour ne pas mettre une aussi forte proportion d'amidon, dont la digestion serait difficile, nous avons utilisé le mélange : 2 parties d'amidon et 2,4 parties de saccharose. Le tout, comme précédemment, additionné de vitamines.

Cette dernière ration, grâce à son goût sucré, était fortement appréciée par les animaux qui en ont mangé abondamment; non seulement leur poids s'est maintenu, mais il a légèrement augmenté, et leur bilan azoté est légèrement positif. Les rats à ovalbumine 1 - saindoux 2 se sont moins bien comportés, ils ont perdu un peu de poids et leur bilan est légèrement négatif.

Les résultats nutritifs sont donc un peu moins bons avec le saindoux qu'avec l'amidon et le sucre. Cela tient très vraisemblablement à ce que, dans le premier cas, la ration n'ayant pas de saveur sucrée, les quantités ingérées et assimilées ont été beaucoup moins importantes. La consommation moyenne des deux animaux est de 15 calories et 0 gr. 11 d'azote avec le saindoux, tandis qu'elle est de 30 calories et de 0 gr. 22 d'azote pour le mélange amidon-saccharose.

Il est difficile de tirer des conclusions d'une telle expérience, mais il est incontestable que la légère infériorité dans les résultats nutritifs, constatée avec les rats ovalbumine-saindoux, est disproportionnée avec l'accroissement considérable de consommation en azote et en calories constaté avec les rats à ovalbumine-hydrates de carbone.

Si l'on compare les résultats des deux rats 28 et 31 dont les poids n'ont pas sensiblement varié et dont les bilans azotés sont légèrement négatif pour le 28 (ovalbumine-saindoux) et légèrement positif pour le 31 (ovalbumine-hydrates de carbone), on voit que pour des résultats nutritifs à peu près comparables, des différences de consommation en albumine et en calories sont très importantes (0 gr. 13 d'azote et 18 calories avec la graisse; 0 gr. 22 d'azote et 30 calories avec les hydrates de carbone).

Il semble donc que même cette expérience plaide encore en faveur d'un avantage des graisses sur les hydrates de carbone, en ce qui concerne l'utilisation des protéines.

CHAPITRE III

Analyse et interprétation des Résultats

Afin de pouvoir tirer de ces expériences les enseignements qu'elles comportent, nous résumons ci-après les résultats intéressants de chacune d'elles.

EXPERIENCES SANS VITAMINES

EXPÉRIENCE V

	ovalb. 1	- graisse 1/2	ovalb.-amidon 1 1
Azote assimilé.....	0,32	0,27	0,26
Calories consommées.	21,9	18	17,2
Variations de poids..	0	— 1,1	— 3
Bilan.	— 0,04	— 0,03	+ 0,01

Les proportions d'albumine dans les rations sont très supérieures, surtout pour ovalbumine-graisse, aux minima nécessaires. L'organisme est donc obligé de brûler de l'albumine pour assurer sa dépense de calories, de sorte que la consommation d'azote n'a aucune signification en ce qui concerne la supériorité de l'une ou l'autre substance ternaire dans l'utilisation des protéines.

Le bilan, qui est légèrement négatif avec la graisse, est sensiblement équilibré avec l'amidon; mais, il faut remarquer que, dans ce dernier cas, le rat a consommé une quantité importante de graisse de réserve qui a pu intervenir en modifiant l'utilisation de l'ovalbumine.

Cette expérience ne comporte donc aucune conclusion relative à la supériorité des graisses ou des hydrates de carbone.

EXPÉRIENCE VI

	ovalb.-graisse		ovalb.-amidon	
	1	1	1	2
Azote assimilé.....		0,25		0,23
Calories consommées.		26,2		21,9
Variations de poids..		+ 0,2		— 0,5
Bilan.		+ 0,01		+ 0,01

La proportion d'albumine dans la ration est nettement supérieure au minimum nécessaire pour ovalbumine-graisse. Les consommations d'azote n'ont donc pas de signification.

Les rats 12 et 13 sont comparables par leur bilan, qui sont sensiblement équilibrés et légèrement positifs dans les deux cas. La consommation de calories est un peu plus faible avec l'amidon; mais, l'animal a perdu du poids et ses graisses de réserve ont contribué à assurer la dépense énergétique, ce qui explique qu'il ait moins emprunté de calories à sa ration.

Cette expérience ne comporte donc pas de conclusion.

EXPÉRIENCE VII

	ovalb.-graisse		ovalb.-amidon	
	1	2	1	2
Azote assimilé.....		0,10		0,30
Calories consommées.		14,8		37,6
Variations de poids..		— 3,2		— 4,1
Bilan.		— 0,02		— 0,02

Les proportions d'albumine dans les rations se rapprochent des minima nécessaires.

Les rats 14 et 15 sont comparables par leurs bilans également négatifs et les variations de poids (diminutions importantes).

Les consommations d'azote et de calories sont environ trois fois moins importantes avec la graisse qu'avec l'amidon. Donc : *avantage très net en faveur des graisses.*

EXPÉRIENCE IX

	ovalb.-graisse		ovalb.-amidon	
	1	3	1	3
Azote assimilé.....	0,10	0,09	0,22	0,19
Calories consommées.	21,9	20,1	22,8	20,8
Variations de poids..	0	— 0,5	— 2	— 2
Bilan.	— 0,01	0,00	— 0,02	— 0,03

Les proportions d'albumine dans la ration sont voisines des minima nécessaires.

Alors que les bilans sont sensiblement équilibrés avec la graisse, ils sont nettement négatifs avec l'amidon.

La consommation d'azote est deux fois plus forte avec l'amidon qu'avec la graisse; mais ce surcroît de consommation s'explique en partie par la nécessité d'assurer la dépense énergétique. Toutefois, le nombre de calories empruntées à la ration, bien qu'étant de 21,0 pour ovalbumine-graisse, et de 21,8 pour ovalbumine-amidon, chiffres très voisins, on doit considérer que chez les rats à amidon, qui ont perdu 2 grammes par jour, ce nombre doit être augmenté de la chaleur dégagée par la combustion des graisses de réserve.

Cette expérience témoigne donc, surtout par le bilan, d'un *avantage en faveur des graisses.*

EXPÉRIENCE X

	ovalb. - graisse		ovalb. - amidon	
	1	1	1	1
Azote assimilé.....	0,29	0,29	0,44	0,41
Calories consommées.	24,4	24,6	22,8	21,25
Variations de poids..	+ 1,7	+ 3,1	— 4,8	— 1,0
Bilan.	0,00	0,00	— 0,01	— 0,01

Les proportions d'albumine dans la ration sont nettement supérieures aux minima nécessaires. Les rats ovalbumine-graisse ont augmenté de poids, ceux à ovalbumine-amidon en ont perdu.

Les chiffres représentant la consommation de calories sont donc trop élevés dans le cas d'ovalbumine-graisse et trop bas dans le cas d'ovalbumine-amidon. Si la fixité de poids avait été obtenue dans les deux cas, le nombre de calories empruntées à la ration eût été certainement plus élevé avec l'amidon qu'avec la graisse.

Le bilan est sensiblement équilibré avec ovalbumine-graisse et légèrement négatif avec ovalbumine-amidon.

Cette expérience comporte donc un *avantage en faveur des graisses* par le bilan et la variation de poids.

EXPERIENCES AVEC VITAMINES

EXPÉRIENCE XI

	ovalb. - graisse		ovalb.-amidon	
	1	1	1	1
Azote assimilé.....	0,21	0,26	0,55	
Calories consommées.	18,1	23,4	28,8	
Variations de poids..	— 0,7	— 0,6	— 0,8	
Bilan.	0,00	— 0,05	— 0,04	

Les proportions d'albumine dans la ration sont nettement supérieures aux minima nécessaires.

Les variations de poids sont comparables (légère diminution).

Pour un résultat nutritif moins bon ou équivalent, le rat à ovalbumine-amidon a consommé deux fois plus d'azote que le rat à ovalbumine-graisse.

Cette haute consommation ne tient pas uniquement à ce que l'animal a dû assurer sa dépense énergétique aux dépens de l'albumine, du moment que le nombre de calories apportées par sa ration est de 28,8, alors qu'il n'est que de 18,1 et 23,4 (moyenne 20,7) pour les rats ovalbumine-graisse.

Cette expérience montre donc encore *un avantage en faveur des graisses*.

EXPÉRIENCE XII

	ovalb. - graisse		ovalb.-amidon	
	1	1	1	2
Azote assimilé.....	0,30	0,25		0,28
Calories consommées.	25,2	21,0		21,8
Variations de poids..	0	0		0
Bilan.	0,00	0,00		0,00

La proportion d'albumine dans la ration est nettement supérieure au minimum nécessaire avec la graisse.

Les rats 24-26 et 27 sont comparables par le bilan et la variation de poids (fixité des poids et bilans équilibrés).

Les consommations d'azote sont sensiblement les mêmes; mais, elles ne signifient rien du moment que les rats ovalbumine-graisse ont dû utiliser une partie de l'albumine de la ration pour assurer la dépense énergétique.

L'expérience ne permet donc aucune conclusion.

EXPÉRIENCE XIII

	ovalb.-graisse		ovalb.-amidon, sucre	
	1	2	1	4,4
Azote assimilé.....	0,13		0,22	
Calories consommées.	18,5		30,9	
Variations de poids..	— 0,6		+ 0,6	
Bilan.	— 0,02		+ 0,02	

Les rats 28 et 31 sont les plus comparables par leur poids, qui n'a pas sensiblement varié.

Les résultats nutritifs sont un peu meilleurs avec le mélange amidon-sucre qu'avec la graisse (bilan et variations de poids), mais cette légère supériorité n'est acquise que grâce à une surconsommation énorme d'azote et de calories, due probablement à la saveur sucrée des aliments.

On ne peut tirer aucune conclusion ferme de ces résultats, qui parlent plutôt en faveur des graisses.

**

Tels sont les résultats de huit expériences, dont les chiffres peuvent être envisagés comme certainement exacts. Nous avons éliminé celles qui présentaient la moindre incertitude : les quatre premières dans lesquelles nous n'avions pas tenu compte des parcelles alimentaires (ovalbumine) qui avaient pu tomber dans l'urine.

La supériorité d'un aliment ternaire sur l'autre, en ce qui concerne l'utilisation des protéines, peut se dégager soit de la comparaison des minima de protéines nécessaires en présence des graisses et en présence d'hydrates de carbone, soit du fait de constater, dans des conditions comparables, un bilan négatif avec l'une des substances et positif avec l'autre.

En utilisant ces deux modes de renseignements, nous voyons que sur les huit expériences envisagées, quatre seulement comportent des résultats permettant de conclure en faveur de la supériorité de l'une des deux substances ternaires et que les quatre fois, c'est en faveur des graisses que cette supériorité s'est manifestée.

Ces résultats sont trop peu nombreux pour que l'on puisse en dégager des conclusions définitives; mais, il ressort néanmoins de ces premières recherches par la méthode des bilans azotés que les résultats obtenus parlent en faveur de la thèse de F. Maignon.

Sabato Visco, en 1922, a fait des expériences de bilans azotés sur des rats blancs recevant des mélanges ovalbumine-amidon et ovalbumine-saindoux sans vitamines, dans lesquelles il arrive à des résultats différents des nôtres. Il obtient toujours des bilans assez fortement positifs et, d'après ses chiffres, ils seraient plus fortement positifs avec l'amidon qu'avec la graisse. Sabato Visco conclut à une supériorité des hydrates de carbone sur les graisses dans l'utilisation des protéines.

Nous ferons remarquer tout d'abord que les bilans ont été déterminés quotidiennement; ils portent donc sur une durée de 24 heures, ce qui est notoirement insuffisant pour les raisons que nous indiquerons plus loin. D'autre part, l'auteur ne donne aucun renseignement sur sa technique et sur la façon dont a été effectuée la cueillette de l'urine. Il ne dit pas si l'urine, aussitôt émise, était dirigée dans un récipient contenant de l'acide sulfurique afin d'éviter toute perte d'azote par fermentation ammoniacale, condition qui nécessite l'emploi des cages de Mac Collum.

Dans leurs premières expériences, Maignon et Jung n'utilisaient pas ces cages et cette condition n'était pas réalisée. Les auteurs obtenaient alors des bilans toujours positifs

et, chose curieuse, comme dans les expériences de Sabato Visco, ils étaient plus positifs avec l'amidon qu'avec la graisse. Il est probable que l'urine des animaux recevant ovalbumine-amidon est plus fermentescible que celle des sujets à ovalbumine-graisse. La perte d'une certaine quantité d'azote urinaire par fermentation ammoniacale faussait les bilans dans le sens de la positivité.

Nous nous proposons, avec notre Maître, de continuer ces travaux, maintenant que la mise au point technique de la méthode est réalisée et que nous savons de quelle manière les expériences doivent être conduites pour donner des résultats.

CONCLUSIONS

A. Conclusions relatives à l'établissement des bilans azotés chez le rat blanc.

1° On ne doit tenir compte que des expériences ayant une durée minimum de cinq jours, pour que soit négligeable l'erreur tenant à ce que le bilan commence alors qu'une certaine quantité de protéines provenant du dernier repas est encore en voie d'utilisation et se termine avant l'utilisation complète des protéines ingérées.

La durée optimum est de sept jours. Au delà, la masse d'excréments à traiter devient trop grande et de nouvelles causes d'erreur en résultent.

2° Le cueillette de l'urine doit se faire de telle façon que le liquide tombe immédiatement, après son émission, dans un récipient contenant de l'acide sulfurique, et cela en vue d'éviter toute perte d'azote par fermentation ammoniacale.

La cage de Mac Collum répond à ce desideratum.

3° Si les animaux en transportant leurs boulettes laissent tomber quelques parcelles alimentaires (ovalbumine) dans l'urine, il faut en tenir compte. Nous y sommes arrivés en séparant par centrifugation le coagulum formé dans l'urine sulfurique et en ajoutant ce culot à la masse des résidus alimentaires, dont l'azote s'additionne à celui des crottes dans le calcul du bilan.

B. Conclusions relatives à l'étude comparative du rôle des graisses et des hydrates de carbone dans l'utilisation des protéines alimentaires.

Cette étude repose sur la détermination du minimum

de protéines nécessaires avec la graisse et avec les hydrates de carbone. M. Maignon a effectué cette détermination par la méthode de l'évaluation des ingesta en se basant sur la fixité prolongée du poids. Il a conclu à la supériorité des graisses.

Maignon a utilisé ensuite la méthode des bilans azotés, d'abord avec Jung, puis avec nous.

Nous avons ainsi mis au point les conditions que doit réaliser l'expérience pour donner des résultats utiles :

1° Choisir des animaux du même sexe et sensiblement de même poids (150 gr.).

2° Ne tenir compte autant que possible que des expériences dans lesquelles la fixité du poids est obtenue.

3° Utiliser des rations dans lesquelles la proportion d'ovalbumine est voisine du minimum nécessaire, afin qu'aucune portion des protéines ingérées ne soit détournée de son rôle réparateur d'usure pour être brûlée comme aliment d'énergie.

Sur les huit expériences que nous avons réalisées, quatre seulement comportent des résultats permettant de conclure à la supériorité de l'une des substances ternaires dans l'utilisation des protéines et les quatre fois c'est pour les graisses que cette supériorité s'est manifestée.

Ces premiers résultats parlent donc en faveur de la théorie de F. Maignon.

Vu: *Pour le Doyen :*
l'Assesseur, BALTHAZARD.

Vu: *Le Président,*
Marcel LABBÉ.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris,
CHARLÉTY.

BIBLIOGRAPHIE

1. BARTMANN (Alfons). — Ueber den sparwert des Fettes. *Zeitschr. f. Biol.*, 58, 375, 1912.
2. BONDI (S.). — Ueber Lipoproteide und die Deutung der degenerativen Zelldegeneration. *Biochem Zeitschr.*, 8, 212, 1908.
3. CATHCART. — The influence of carbonhydrates and fats on protein metabolism. *Journal of Physiol.*, 39, 330, 1909.
4. CHAMPY (C.). — Recherches sur l'absorption intestinale et le rôle des mitochondries dans l'absorption et la sécrétion. *Arch. d'Anat. microsc.*, 13, 1911 et *Thèse de Médecine*, Paris, 1911.
5. CREVAT (J.). — Alimentation rationnelle du bétail, 1885.
6. CRUSIUS (F.). — Ueber die Bedeutung der Vegetabilischen Fette bei der Rindviehfütterung. *Die Landwirtschaftlichen Versuchstationen*, 2 Heft, Dresden, 1859).
7. DECHAMBRE (P.). — Les aliments du bétail, 1906.
8. DENIGÈS (G.). — Précis de Chimie analytique (5^e édition, 1 vol., p. 745, Paris, A. MALOINE et fils, 1920).
- 8 bis. DENIGÈS (G.). — Précis de Chimie analytique (5^e édition, 1 vol., p. 731, Paris, A. MALOINE et fils, 1920).
9. DESGREZ (A.) et BIERRY (H.). — Equilibre azoté et hydrates de carbone de la ration alimentaire. *C. R. Ac. Sc.*, 171, 1393, 1920.

10. DESGREZ (A.) et BIERRY (H.). — Rations alimentaires et vitamines. *C. R. Ac. Sc.*, 172, 1068, 1921.
11. FALTA (W.) et GIGON (A.). — Ueber den Einfluss stickstoff freier Energietraeger auf den zeitlichen Ablauf der Eiweisszersetzung. *Biochem. Zeitschr.*, 13, 267, 1908.
12. GRANDEAU. — L'alimentation de l'homme et des animaux domestiques. *T. I. La nutrition animale*, 1893.
13. KUHN (J.). — Traité de l'alimentation rationnelle des bêtes bovines d'après les données de la science et de la pratique. *Traduit de l'allemand par H. RAQUET et A. SCHOLL*, 1901.
14. LEVINE (Harold) and Arthur H. SMITH. — Growth experiments and diets rich in fat. *Journal Biol. Chem.*, 72, 223, 1927.
15. MAILLARD (L.-C.). — Condensation des acides aminés en présence de la glycérine : cycloglycylglycines et polypeptides. *C. R. Ac. Sc.*, 153, 1078, 1911.
16. MAILLARD (L.-C.). — Genèse des matières protéiques et des matières humiques. Action de la glycérine et des sucres sur les acides α aminés. Paris, MASSON et C^{ie}, 1913.
17. MAILLARD (L.-C.). — Synthèse des peptides inférieurs par une méthode nouvelle et directe, voisine des réactions biologiques. *C. R. Soc. Biol.*, 71, 546, 1911.
18. MAIGNON (G.). — Rôle des graisses dans l'utilisation de l'albumine alimentaire. *C. R. Soc. Biol.*, 72, 1054, 1912.
19. MAIGNON (F.). — Etude comparative de l'influence des hydrates de carbone et des graisses sur le pouvoir nutritif des protéines alimentaires. *C. R. Ac. Sc.*, 167, 172, 1918.
20. MAIGNON (F.). — Etude du mécanisme du rôle des

- graisses dans l'utilisation et l'assimilation des albuminoïdes. *C. R. Ac. Sc.*, 168, 626, 1919.
21. MAIGNON (F.). — Etude critique de l'influence exercée par la carence sur les expériences d'alimentation à l'aide de produits purs qui ont permis d'établir le rôle des graisses dans l'utilisation des albuminoïdes. *C. R. Soc. Biol.*, 82, 398, 1919.
22. MAIGNON (F.). — Bases physiologiques du rationnement. Importance du rapport adipo-protéique. Minimum de graisse nécessaire. *C. R., Soc. Biol.*, 82, 400, 1919.
23. MAIGNON (F.). — La supériorité des hydrates de carbone sur les graisses dans l'action d'épargne exercée vis-à-vis de l'albumine est compatible avec la supériorité des graisses dans l'utilisation des albuminoïdes. *C. Soc. Biol.*, 82, 1358, 1919.
24. MAIGNON (F.) et JUNG (L.). — Bilans azotés montrant la supériorité des graisses sur les hydrates de carbone dans l'utilisation des protéines alimentaires. *Bull. Ac. Méd.*, 92, 1059, 1924.
25. OSBORNE (T. B.) and L. MENDEL. — The inorganic elements in nutrition. *Journal Biol. Chemist*, 34, 135, 1918.
26. OSBORNE (T. B.) and L. MENDEL. — Nutrition and growth on diets highly deficient or entirely lacking in preformed carbonhydrates. *Journal Biol. Chemist*, 59, 13, 1924.
27. OSBORNE (T. B.) and L. MENDEL. — The vitamines in green foods. *Journal Biol. Chemist*, 37, 191, 1919.
28. OSBORNE (T. B.) and L. MENDEL. — Nutritive factors in plant tissues. *Journal Biol. Chemist*, 41, 564, 1920.

29. STARLING (E. H.). — Le rôle des graisses dans l'alimentation. *British Medec. Journal*, 2, 105, 1918.
 30. SIMONNET (H.). — La valeur nutritive du saindoux en tant que vecteur du facteur A. (Vitamine soluble dans les graisses.) *Bull. Soc. Hygiène alimentaire*, 9, 388, 1921.
 31. TALISQUIST (F. W.). — *Archiv. f. Hygiène*, 41, 177, 1902.
 32. TERROINE (E.-F.) et M^{lle} MENDLER (A.-M.). — De l'influence de l'adjonction d'aliments ternaires au lait sur la grandeur de la rétention azotée au cours de la croissance. *C. R. Ac. Sc.*, 181, 1176, 1925.
 33. TERROINE (E.-F.) et M^{lle} MENDLER (A.-M.). — Influence de la nature des aliments ternaires sur la grandeur de la rétention azotée au cours de la croissance. *C. R. Ac. Sc.*, 182, 413, 1926.
 34. VIMMER (M.). — Wie weit Kann der Eiweisszerfall des hungernden. Tieres durch Fütterung von Kohlenhydraten eingeschränkt werden. *Zeitschr. f. Biol.*, 57, 185, 1911.
 35. VISCO (Sabato). — Grassi e idrati di carbonico nell'alimentazione (Nota prima). *Revista di Biologica*, 4, 1-13, 1922.
 36. VISCO (Sabato). — Grassi e idrati di carbonico nell'alimentazione (Nota seconda). *Revista di Biologica*, 4, 339, 1922.
 37. VOIT (C.). — *Hermanns Handbuch der Physiologie*, 6, 143, 1881.
-

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	5
CHAPITRE PREMIER. — <i>Technique expérimentale</i>	11
Préparation des animaux	11
Préparation des rations	12
Préparation du mélange ovalbumine-amidon	15
Préparation du mélange ovalbumine-graisse	15
Détermination de l'azote contenu dans les rations	15
Les cages et la récolte des excreta	18
Traitement des excreta	21
a) Dosage de l'azote urinaire	21
b) Dosage de l'azote des excréments et des résidus ali- mentaires	22
Calcul des résultats	23
CHAPITRE II. — <i>Exposé des résultats</i>	24
Expériences sans vitamines	25
Expériences avec vitamines	37
CHAPITRE III. — <i>Analyse et interprétation des résultats</i>	45
Expériences sans vitamines	45
Expériences avec vitamines	48
CONCLUSIONS	53
BIBLIOGRAPHIE	55
